

# 中部横断自動車道 興津川橋（仮称）の設計・施工 — 波形鋼板・コンクリートウェブ混合桁橋 —

今井 平佳\*1・金崎 孝行\*2・狩野 兼義\*3・村上 賢二\*4

中部横断自動車道 興津川橋（仮称）は、中部横断自動車道の新清水ジャンクションと富沢インターチェンジ間の二級河川・興津川渡河部に位置するPC 5径間連続ラーメン箱桁橋である。5径間のうちA1～P3間が波形鋼板ウェブ、P3～A2間がコンクリートウェブを有する混合構造の橋梁である。当橋梁の設計上の配慮としては、高強度PC鋼材の採用により鋼材本数の低減を図り、工事コストの削減・省力化を実現している。施工上の問題点としては、橋台引渡し工程の見直しから橋脚に作用する付加的な回転モーメントを低減させることによって、下部工の負担を軽減するなどの配慮をしている。また、張出施工部のキャンバー調整が必要となりカウンターウェイト工法を採用することにより対策を実施している。その他、外ケーブルの張力測定として高次振動法を採用しているといった特徴をもつ。当報告は、これらの設計・施工における検討および対策の概要について報告するものである。

キーワード：高強度PC鋼材、橋脚のモーメント調整、外ケーブルの張力測定

## 1. はじめに

中部横断自動車道は、静岡県静岡市から長野県小諸市を結ぶ延長132kmの高速自動車国道であり、新東名高速道路、中央自動車道および上信越自動車道を相互に接続することによって、日本海・太平洋の臨海地域と長野県・山梨県の山岳地域における連携・交流を促進することによる活性化などが期待されている路線である。興津川橋（仮称）は、中部横断自動車道のうち、静岡県静岡市清水区（図-1）の山岳部に位置しており、二級河川興津川、県道大向・富士線などを大きく跨ぐ、最大橋脚高60m・最大支間144mのPC 5径間連続ラーメン箱桁橋である。

当橋梁の構造形式は、波形鋼板ウェブ箱桁とコンクリートウェブ箱桁を、接合部にて連結する混合桁橋である。交差条件により県道大向・富士線および興津川を横架するA1～P3径間には波形鋼板ウェブPC箱桁を採用し、P3～A2径間についてはコンクリートウェブ箱桁を採用している。また、接合部には波形ウェブ端部に孔あき鋼板ジベルを配置して、コンクリートウェブに定着する接合方法を採用している。

そのほかの特徴として、内ケーブルにおいて高強度PC鋼材（SWPR7HT 12S15.2B）を採用しており、PC鋼材の高強度化によって架設外ケーブルを不要としている。高強度PC鋼材による高い定着力に対する耐力および定着性能を確認するため、実施工に先立ち性能確認試験を行っている<sup>1)</sup>。

施工にあたっては、橋台引渡し工程の見直しから閉合手順の変更により橋脚に作用する付加的な回転モーメントの

調整として、グラウンドアンカーによる調整を実施することによって下部工の負担を軽減している。また、張出し施工部のキャンバー調整が必要となったため、カウンターウェイトを用いたキャンバー調整を実施している。

さらに、外ケーブル（SWPR7B 19S15.2B）の張力測定として高次振動法による測定を採用しており、その適用性に関する検証を実施している<sup>2)</sup>。

当報告は、当工事において実施したこれらの検討および対策に関する項目の概要について、報告するものである。

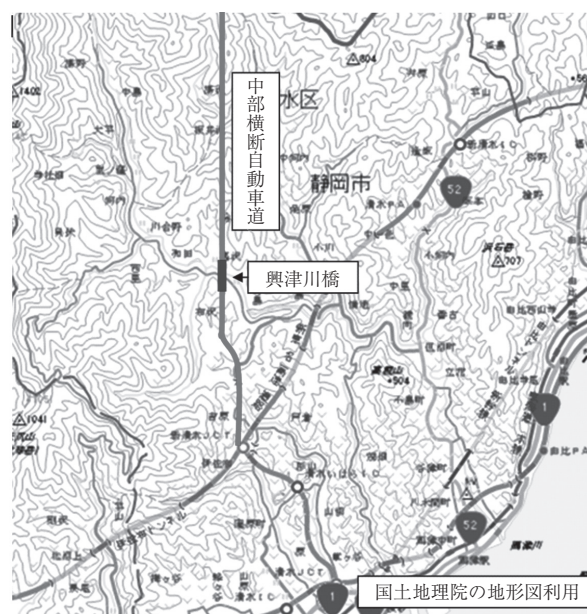


図-1 架橋位置

\*1 Hirayoshi IMAI：川田建設(株) 東京支店 事業推進部  
 \*2 Takayuki KANAZAKI：中日本高速道路(株) 東京支社 清水工事事務所  
 \*3 Kaneyoshi KANOU：川田建設(株) 東京支店 事業推進部  
 \*4 Kenji MURAKAMI：川田建設(株) 東京支店 事業推進部 技術課

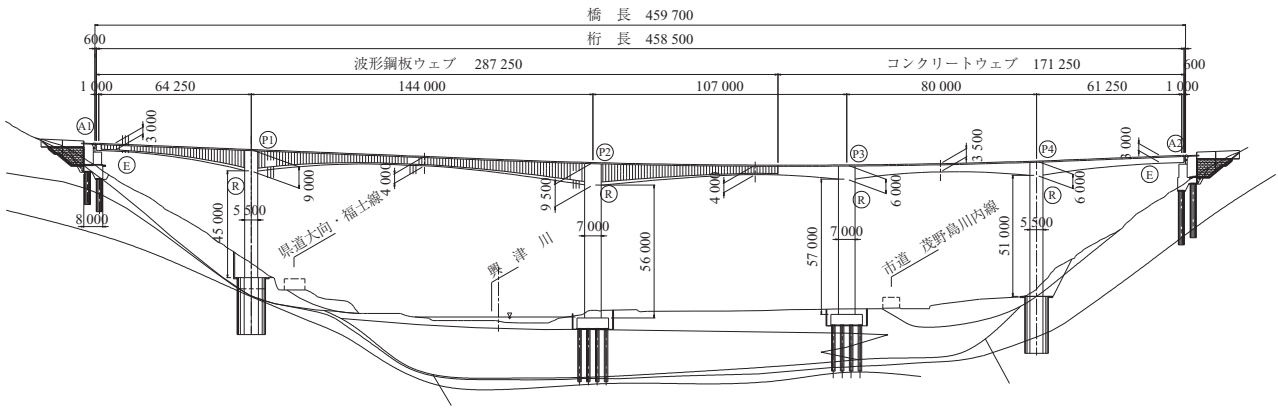


図 - 2 橋梁一般図

## 2. 橋梁概要

当工事の橋梁概要は以下のとおりであり、橋梁一般図を  
図 - 2 に示す。

工 事 名：中部横断自動車道 興津川橋（PC 上部工）工  
事

架橋位置：静岡県静岡市清水区

工 期：平成 23 年 4 月～平成 28 年 1 月

発 注 者：中日本高速道路(株) 東京支社

施 工 者：川田建設(株) 東京支店

道路規格：第 1 種第 3 級 B 規格（設計速度  $V = 80$  km/hr）

橋 長：459.700 m

支 間 長：64.25 m + 144.0 m + 107.0 m + 80.0 m +  
61.25 m

有効幅員：9.500 m

構造形式：PC 5 径間連続ラーメン波形鋼板ウェブ箱桁橋

架設工法：張出し架設工法（径間部）

吊支保工施工（側径間閉合部、径間閉合部）

使用 PC 鋼材：内ケーブル 12S15.2（高強度 PC 鋼材）

外ケーブル 19S15.2（エポキシ樹脂被覆鋼  
材）

床版横締め鋼材 1S21.8（プレグラウト鋼材）

横桁横締め鋼材 1S28.6（プレグラウト鋼材）

交差条件：県道 大向・福土線（P1 - P2 間）

二級河川 興津川（P1 - P2 間）

市道 茂野島河内線（P3 - P4 間）

## 3. 高強度 PC 鋼材定着具の開発

当橋梁の定着具には VSL 工法<sup>3)</sup>を採用している。VSL 定着具と高強度 PC 鋼材を組み合わせて使用するにあたり、定着具の耐力および定着性能を確認するため定着具性能試験を行った。以下に、ブロック試験・定着効率試験・疲労試験について試験概要および試験結果について報告する。

### 3.1 PC 鋼材配置

当橋梁の断面図を図 - 3 に示す。当橋梁は P2 - P3 径間の閉合部より起点側は波形鋼板ウェブ、終点側はコンクリートウェブとなっており、張出し架設工法により施工している。高強度 PC 鋼材の採用は内ケーブル（架設ケーブ

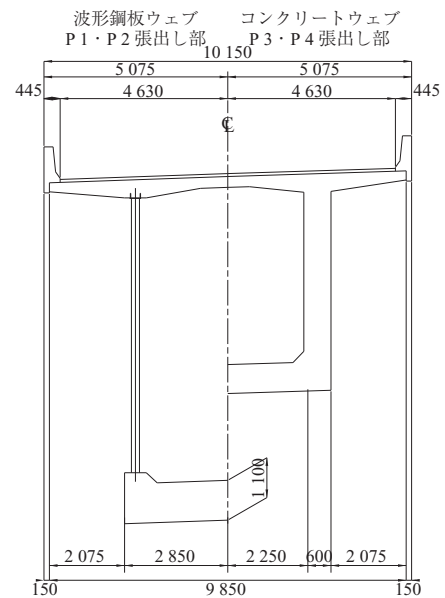


図 - 3 断面図

ルおよび下床版ケーブル）のみとした。内ケーブルは配置本数が多いため、高強度 PC 鋼材とした場合に経済的となるが、外ケーブルは本数が少ないことから経済的な優位性が見られなかった。よって、外ケーブルは通常の SWPR7B ケーブルを用いた。PC 鋼材配置山形図を図 - 4 に示す。高強度 PC 鋼材重量は 101 526 kg であり定着箇所数は 254 箇所となる。また PC 鋼材は裸線としグラウトを行うものとしている。

### 3.2 高強度 PC 鋼材定着具について

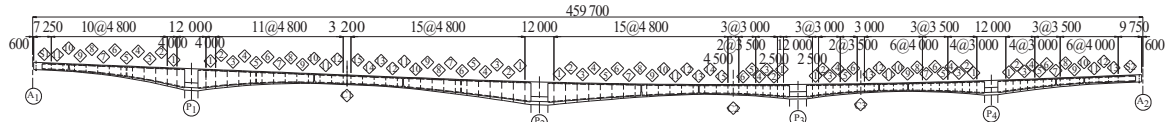
VSL 工法の定着具は高強度 PC 鋼材用の ECH タイプを使用した。図 - 5 に定着具図を示す。被覆のない高強度 PC 鋼材  $\phi 15.2$  mm PC ストランドを 12 本まで定着できるタイプである。

### 3.3 定着具ブロック性能試験

#### (1) 試験概要

定着具ブロック性能試験は定着体が PC 鋼材の規格引張荷重の 100 % 以上に耐えられることを確認する。

図 - 6 に試験体の形状寸法および定着具・補強筋配置図を示す。高強度 PC 鋼材定着具使用時の最小縁端距離は



架設ケーブル 内ケーブル 高強度 (12S15.2)	[Diagram showing cable layout]				
下床版 内ケーブル 高強度 (12S15.2)	2本	6本	4本	6本	4本
外ケーブル B種 (19S15.2)	2本	6本	4本	6本	2本

図 - 4 PC 鋼材配置山形図

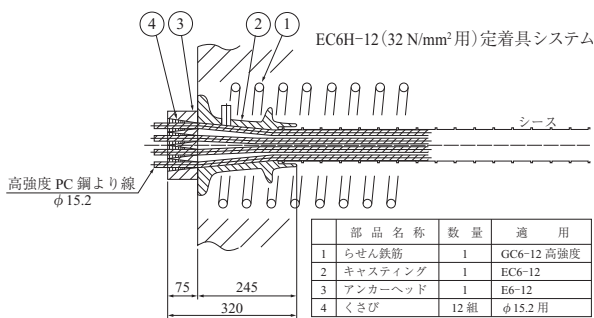


図 - 5 VSL 定着具

210 mm, 最小配置間隔は 380 mm としている。試験体の断面寸法は、「一辺の長さを定着具の中心からコンクリート縁までの許容最小距離の 2 倍」として 420 × 420 mm の正方形断面とした。試験体の長さについては、「定着具の長さに長辺の 2 倍を加えた長さ以上」として 1200 mm とした。

載荷試験は 10 MN 試験機を使用し、アンカーヘッドを介して定着具に直接圧縮力を加える方式で行った。試験結果の評価は、土木学会「コンクリート標準示方書・施工編 (2007 年制定)」<sup>4)</sup> の「12.7.1.2 定着具および接続具の受入検査」に準拠した。また、具体的な載荷荷重は (財) 日本建築センター「プレストレストコンクリート造技術基準解説及び設計・計算例 (2009 年版)」<sup>5)</sup> に準拠した。表 - 1 に載荷試験の荷重段階と各荷重段階の適合条件を示す。

(2) 試験結果

試験体のらせん鉄筋および用心帯鉄筋にはひずみゲージを設置している。図 - 7 および図 - 8 に、荷重 - ひずみ関係グラフを示す。荷重段階 a 到達時におけるらせん鉄筋

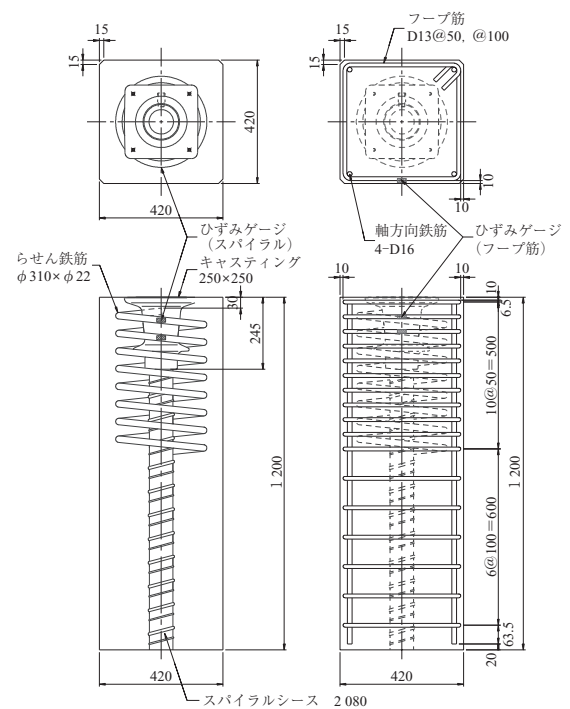


図 - 6 定着ブロック試験体

のひずみ値は 361 μであり、鉄筋応力に換算すると 72 N/mm<sup>2</sup> 程度の応力状態となる。荷重段階 c におけるひずみ値は 593 μであり、鉄筋応力としては 119 N/mm<sup>2</sup> となる。用心帯鉄筋については荷重段階 a においてひずみ値は 455 μとなり鉄筋応力度で 91 N/mm<sup>2</sup> となる。荷重段階 c におけるひずみ値は 671 μであり鉄筋応力としては 134 N/mm<sup>2</sup> となり降伏強度 345 N/mm<sup>2</sup> 以下となる結果が得られた。

表 - 1 荷重段階および適合条件

荷重段階	載荷荷重	適合すべき条件
a	2996 kN	コンクリート表面に 0.1 mm を超えるひび割れが生じないこと。ひび割れが生じた場合は、当該荷重により 5 分間以上の持続載荷を行い、ひび割れが著しく進展しないことを確認する。
b	3204 kN	コンクリート表面に 0.2 mm を超えるひび割れが生じないこと。
c	3768 kN	定着具の最大耐力に達していないこと。定着部が破壊しないこと。

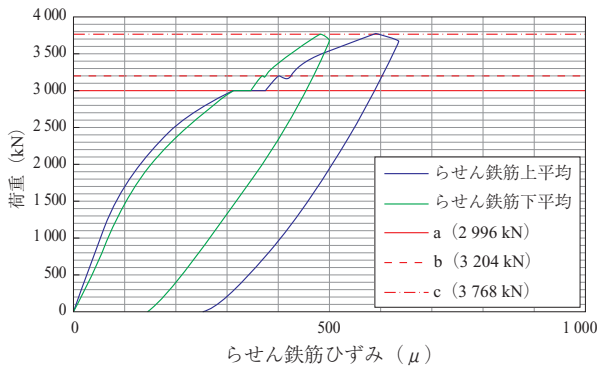


図 - 7 らせん鉄筋ひずみ-荷重関係グラフ

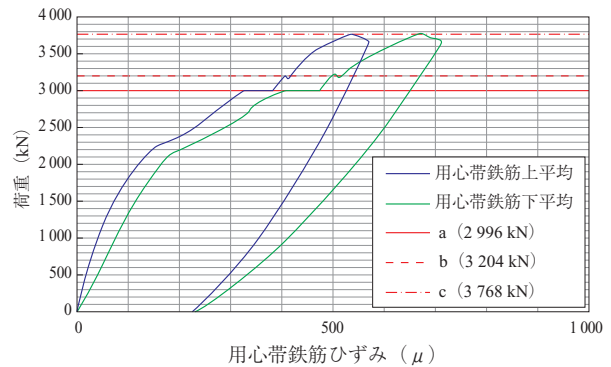


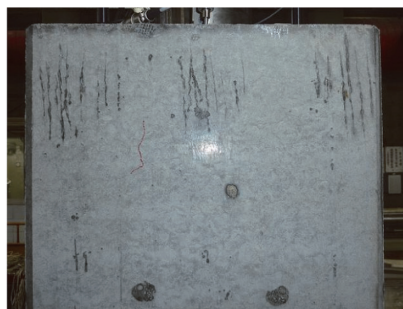
図 - 8 用心帯鉄筋ひずみ-荷重関係グラフ

表 - 2 ブロック試験結果

ECH6-12 32 N/mm <sup>2</sup> 420 × 420 mm		荷重値 (kN)	ひび割れ幅 (mm)				有害変形 損傷	判定
荷重段階			東	西	南	北		
a	緊張材の許容引張荷重 (0.85Py) × 1.1	2 996	0.00	0.00	0.00	0.00	無	合
	5分経過後		0.00	0.00	0.00	0.00	無	合
b	緊張材の規格降伏荷重 (Py)	3 204	0.00	0.00	0.00	0.00	無	合
c	緊張材の規格引張荷重 (Pu)	3 768	< 0.04	< 0.04	< 0.04	0.00	無	合
			有害な変形・損傷・めり込み等 有・ <del>無</del>					



a) 東側面



b) 西側面



c) 南側面

写真 - 1 荷重段階 c における試験体のひび割れ発生状況

表 - 2 に各荷重段階におけるひび割れ幅の測定結果を示す。荷重段階 a の到達時および 5 分間の持続荷重後、荷重段階 b では試験体にひび割れの発生は見られなかった。荷重段階 b から荷重段階 c へ载荷を進めると、定着部近傍の側面に縦方向のひび割れが発生したが、ひび割れ幅は 0.04 mm 以下であった。荷重段階 c における試験体のひび割れ発生状況を写真 - 1 に示す。

荷重段階 c において有害な変形・損傷・めり込みなどは見られず、すべての荷重段階において、評価基準を満足する結果となった。

### 3.4 定着効率試験

#### (1) 試験概要

定着効率試験は、高強度 PC 鋼より線 15.2 mm と VSL 定着具を組み合わせた状態で引張強度の確認を行う。試験は 3 000 kN 横型引張試験により PC 鋼より線が破断するまで引張荷重を与えるものとした (写真 - 2)。試験の判定基準としては土木学会「コンクリート標準示方書・施工編 (2007 年制定)」の「12.7.1.2 定着具および接続具の受入検査」に準拠し、定着効率 (破断荷重 / 規格最大試験力) が

95 % 以上であれば合格と判断した。試験体は製作工場の異なる A タイプくさび 3 体と B タイプくさび 3 体の計 6 体について試験を行った。

また当試験では、くさびに段差が生じた場合の定着効率試験も行い、くさび間にあらかじめ 3.5 mm から 4.0 mm の段差を設けた状態で定着効率試験を行った (写真 - 3)。



写真 - 2 定着効率試験状況



写真 - 3 くさび段差の測定

表 - 3 定着効率試験結果

試験体	くさび段差	規格 破断荷重	破断荷重	破断状況	定着効率	規格値 (以上)
くさび 無し	----	314 kN	312 kN	1 本せん断切れ	99.4 %	95 %
			312 kN	3 本せん断切れ	99.4 %	
			318 kN	3 本せん断切れ	101.3 %	
			314 kN	1 本せん断切れ	100.0 %	
			312 kN	1 本せん断切れ	99.4 %	
			315 kN	3 本せん断切れ	100.3 %	
くさび 有り	4.0 mm	314 kN	316 kN	1 本せん断切れ・2 本絞り切れ	100.6 %	
			312 kN	1 本せん断切れ	99.4 %	
			308 kN	1 本せん断切れ	98.1 %	
	3.8 mm		308 kN	1 本せん断切れ	98.1 %	
			312 kN	1 本せん断切れ	99.4 %	
			314 kN	1 本せん断切れ	100.0 %	

試験体数および判定基準は段差がないものと同様とした。

(2) 試験結果

くさび段差無しおよびくさび段差有りの定着効率試験の結果を表 - 3 に示す。いずれの試験体の定着効率も規格値である 95 % 以上を満足する結果となった。VSL 設計施工基準における許容くさび段差としてはくさび長さの 10 % となる 4 mm 以下であれば規格値を満足しているが、実施工における許容段差としてはくさび長さの 5 % となる 2 mm 以下とした。

3.5 定着部疲労試験

(1) 試験概要

疲労試験は「FIP: Recommendations for the acceptance of post-tensioning systems, 1993」<sup>6)</sup> に従い、上限 0.65 Pu に対し変動荷重 80 N/mm<sup>2</sup> を与え、繰返し回数 200 万回を超えても PC 鋼線および定着体に破断・破損がなければ合格とした。本試験も製作工場の異なるくさびについて、それぞれ 1 体ずつ計 2 体の試験をおこなった。図 - 9 に試験機の概要および試験条件を示す。

(2) 試験結果

疲労試験の結果、各試験体とも規格値となる 200 万回以上の繰返し回数の載荷後も PC 鋼線および定着具に破断や損傷は見られなかった (写真 - 4)。

3.6 まとめ

高強度 PC 鋼材の使用にあたり VSL 定着具の性能確認試験を行い、以下の結果を得た。

- ① 定着具ブロック性能試験：判定基準を満足する結果を得た。また、緊張材の規格引張荷重 (Pu) 時においてもらせん鉄筋の応力は 119 N/mm<sup>2</sup> と降伏強度 345 N/mm<sup>2</sup> 以下であることが確認できた。しかし、形状鉄筋として配置している用心帯鉄筋にも 134 N/mm<sup>2</sup> と降伏

上限荷重	0.65 Pu (204.1 kN)
下限荷重	0.65 Pu - 80 N/mm <sup>2</sup> (193 kN)
変動荷重	80 N/mm <sup>2</sup> (11.1 kN)
試験速度	250 回 / min

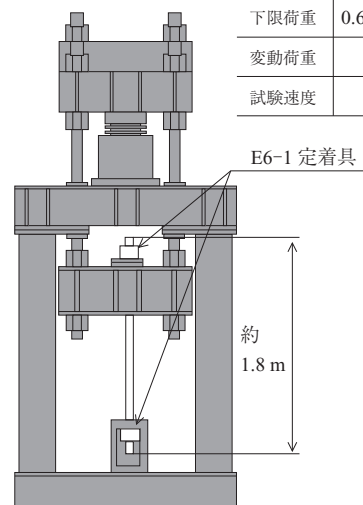


図 - 9 疲労試験機および試験条件

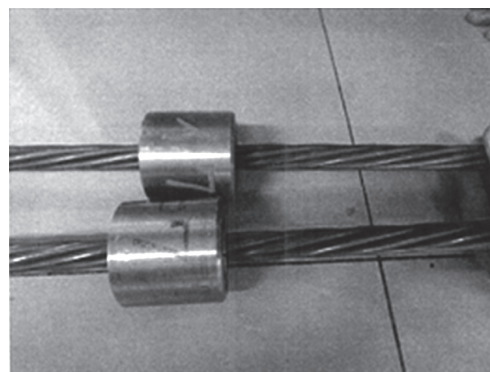


写真 - 4 疲労試験後の試験体状況

強度 345 N/mm<sup>2</sup> 以下ではあるが応力が発生しており、らせん鉄筋だけではなく用心帯鉄筋も補強鉄筋としての役割を担っている。実施工においても、用心帯鉄筋を補強鉄筋として配置することとした。

- ② 定着効率試験：規格値を満足する結果を得た。また、くさび段差が生じた場合でも十分な定着効率が得られることを確認できた。
- ③ 定着部疲労試験：200 万回を超える繰返し载荷に対しても PC 鋼より線および定着具に異常は見られなかった。以上の結果から、当試験により VSL 工法の定着具を用いて高強度 PC 鋼材を使用することに対する十分な定着性能および安全性が確認できたが、従来の B 種鋼材と違い定着具補強鉄筋など個別の検討を行った上での採用を行う必要があることがわかった。実施工においては、補強筋の検討を実施することにより確実な施工を実施することができた。

#### 4. 施 工

A1 橋台の引渡し時期の見直しのため、当初は P1-P2 径間の閉合は A1 側径間の閉合後であったが、手順を入れ替えて P1-P2 径間の閉合を先行して施工している。その際、橋脚に作用する回転モーメントの低減、および張出し施工部のキャンバー調整が必要となった。

##### 4.1 グラウンドアンカーによるモーメント調整

###### (1) 概 要

A1 側径間の閉合順序の変更により、P1 橋脚には設計と大きく異なる反力が発生することがわかった（図 - 10、表 - 4）。橋脚の躯体応力度を照査した結果、L1 地震時において制限値を満足しないことが確認された。この対策として、とくに回転反力の変化量が大きいため、回転モーメントを低減するように、P1-P2 径間の閉合前にグラウンドアンカー（緊張力 400 kN）によるモーメントの調整を実施した。

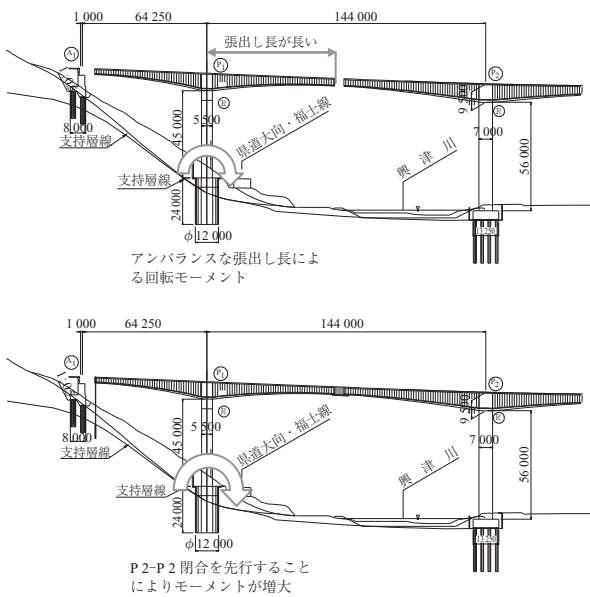


図 - 10 回転モーメントの発生

表 - 4 下部工反力の変化

下部工反力 (P1 橋脚)	全死荷重時			L1 地震時		
	変更前	変更後	差	変更前	変更後	差
鉛直 kN	61 657	62 043	1 %	61 930	62 470	1 %
水平 kN	-3 862	-4 545	18 %	-21 826	-23 071	6 %
回転 kN・m	-135 986	-231 483	70 %	-595 107	-708 643	19 %

###### (2) グラウンドアンカー緊張工

P1 張出し A1 側ブロックの先端にグラウンドアンカーを設置することにより、カウンターウェイトとして作用させることで下部工躯体の応力度を満足させるものとした（図 - 11）。グラウンドアンカーの緊張管理は、P1 橋脚の横桁側面に設置した傾斜計（写真 - 5）で橋脚の傾きを管理することにより、無事、計画どおりの施工を行うことができた。

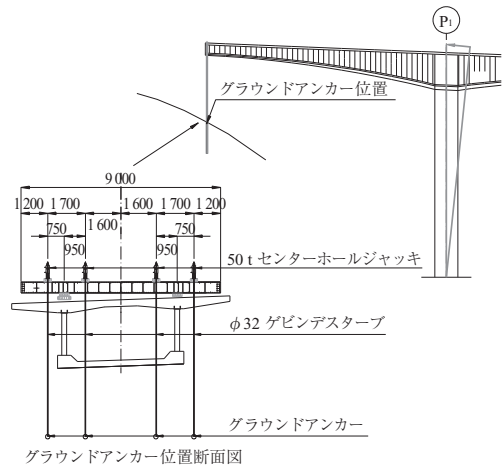


図 - 11 グラウンドアンカーの設置

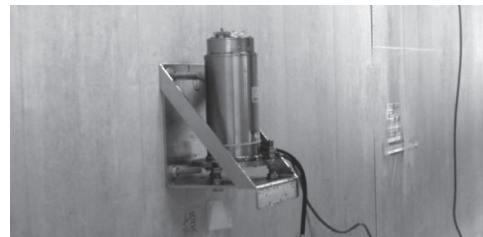


写真 - 5 傾斜計の設置

###### 4.2 カウンターウェイトによるキャンバー調整

A1 側径間は、急峻な地形となるため吊支保工にて施工している。A1 橋台の引渡し時期の見直しにより、張出し施工部は側径間による荷重が長期間載荷されない状態となるため、クリープ変形によってキャンバーが当初の計画より大きくなった。当初はグラウンドアンカーによりキャンバー調整を行う計画であったが、耐力が不足するため、カウンターウェイト（荷重 1 200 kN）を併用することにより、計画どおりのキャンバーとすることができた。

#### 5. 外ケーブルの張力測定

従来、PC 外ケーブルの張力測定は 1 次振動法により行

われていた。しかし、従来の振動法は、曲げ剛性値が既知であることが前提であるため事前に実物大試験などにより曲げ剛性値を計測する必要があった。それに対し、高次にわたる複数の固有振動数を測定することで、PC外ケーブルの曲げ剛性値と張力を同時に算定できる「高次振動法」<sup>7)</sup>が開発された。高次振動法の実橋に対しての適用実績は、緊張定着後のセミプレファブ外ケーブルの張力測定についてであるが、当橋梁では、現場組立型ケーブルを外ケーブルとして採用しており、高次振動法により測定された結果を設計値と比較して、その適用性について検討した。

5.1 高次振動法を用いた張力測定システム

(1) 概 要

高次振動法を用いた張力測定システムは、PC橋の外ケーブルやエクストラドーズド橋の斜材において、施工時もしくは供用後のケーブル緊張力が確認できる手法である。複数の高次振動数とモード次数の関係(図-12)より、ケーブル長とケーブル単位重量がわかれば、式-1より曲げ剛性値とケーブルの張力を同時に求めることができる。

$$f_i = \frac{\pi^2 EI}{4 \rho A L^4} i^4 + \frac{T}{4 \rho A L^2} i^2 \quad (\text{式-1})$$

T: 張力, EI: 曲げ剛性, ρA: 単位重量, L: ケーブル長

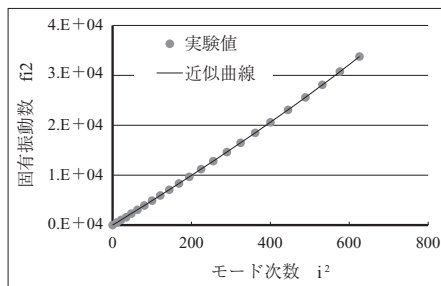


図-12 振動数とモード次数の関係

(2) 測定方法

測定方法は、従来の振動法と同様、ケーブルに加速度計を取り付けハンマーで打撃により加振する。加振により波形データ(図-13)を測定し、固有振動数(図-14)を検出し、解析ソフトを用いて張力および曲げ剛性を算定する。

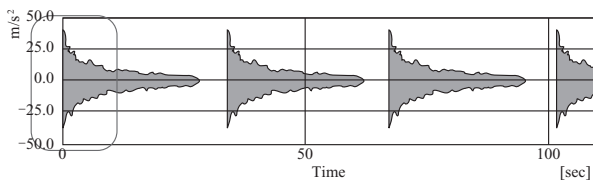


図-13 ケーブルの振動波形

(3) 特 徴

高次振動法は、従来の振動法と違い、広範囲の複数の振動数を使用するため、読取誤差が少ない(図-14)。また、張力と曲げ剛性値が同時に算定できるため、テストピースでの事前実験や実橋でのキャリブレーションなどによる曲げ剛性値の把握は不要となる。さらには、加速度計を

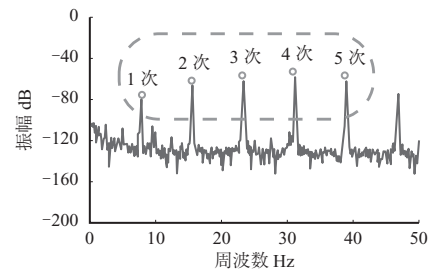


図-14 固有振動数測定結果 (P2-P3区間⑧)

取り付けてハンマーなどでケーブルを加振することでケーブルの固有振動数を測定するため、任意な箇所での測定が可能であるとともに、ケーブル重量およびケーブル長が既知であれば測定可能であるため、データを比較活用することで既設橋梁の定期的な点検にも適用できる。

5.2 実橋確認試験

(1) 測定ケーブル

測定ケーブルは、外ケーブル(エポキシ樹脂被覆PC鋼より線)の19S15.2である(表-5)。現場組立型ケーブルのため、測定の際は、締結リングで構成ストランドを結束し、ケーブルの一体化を図った(写真-6)。締結リングは、ケーブルを打撃する箇所を左右で挟み込むように配置した。

表-5 ケーブルの仕様(19S15.2)

項目		断面図
ケーブル外径 (mm)	82	
規格破断荷重 (kN)	4 959	
規格降伏荷重 (kN)	4 218	
鋼材断面積 (mm <sup>2</sup> )	2 635.30	
ケーブル単位重量 (kg/m)	21.945	

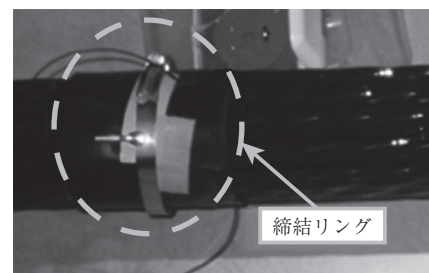


写真-6 ケーブル結束状況

緊張力を測定したケーブルは、緊張が完了している14本とし、緊張からの経過日数は、緊張直後～10ヶ月のケーブルとした。測定箇所は、セット量の及ばない支間中央付近下側の偏向部間とした(図-15)。

(2) 測定機材

高次振動法による測定には表-6に示す機材を使用した。測定状況を写真-7に、測定フローを図-16に示す。加速度計は、写真-6の締結リングに取り付けた。

5.3 測定結果

測定結果を表-7に示す。図-14に示す1次～5次の固有振動数より張力を算出した。

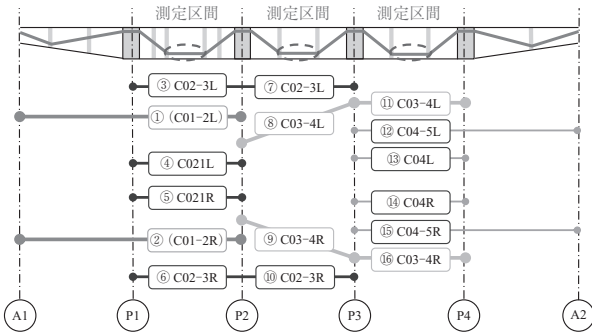


図 - 15 対象ケーブルと測定区間

表 - 6 測定機材

機材名	用途	数量
① 加速時計	振動測定	2 個
② データロガー	振動測定	1 台
③ 周波数解析ソフト	固有振動数検出	1 台
④ 張力解析用ソフト	張力算定	1 台
⑤ プラスチックハンマー	ケーブル加振	1 個
⑥ ホースバンド, 保護ゴム	加速時計取付治具	適量

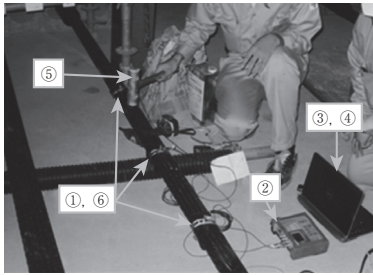


写真 - 7 測定状況

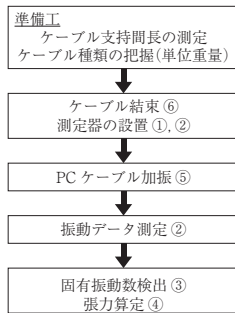


図 - 16 測定フロー

#### 5.4 まとめ

高次振動法を用いた張力測定システムにより、緊張定着後の PC 外ケーブルを測定した結果、設計値との差がおおむね 5 % 以下となった。

緊張日からの経過時間で測定結果と設計値との差を見ると、緊張直後 (H26.8) の差の平均は +2.3 %、緊張から 8 ヶ月後 (H25.12) の差の平均は -1.4 %、緊張から 10 ヶ月後 (H25.10) の差の平均は -2.8 % であり、設計値との差は時間が経過するとともに - (マイナス) の値が大きくなっている。これは、コンクリートのクリープ乾燥収縮による変形の影響により、緊張力が減少したためと考えられる。

表 - 7 測定結果

径間	測定 No.	ケーブル No.	測定結果 (kN)	設計値 (kN)	設計値との差 (%)	定着部導入張力 (kN)	緊張日	
A1-P2	①	C01-2L	3 085	2 912	105.9	5.9	3 127 950	H27.6.22
	②	C01-2R	3 071	2 912	105.5	5.5	3 023 685	H27.6.22
	③	C02-3L	2 949	2 904	101.6	1.6	3 127 950	H26.8.28
P1-P2	④	C021L	2 928	2 912	100.5	0.5	3 127 950	H26.8.29
	⑤	C021R	3 008	2 912	103.3	3.3	3 127 950	H26.8.29
	⑥	C02-3R	2 986	2 904	102.8	2.8	3 127 950	H26.8.28
	⑦	C02-3L	2 949	2 876	102.6	2.6	3 127 950	H26.8.28
P2-P3	⑧	C03-4L	2 928	2 879	101.7	1.7	3 093 195	H25.12.16
	⑨	C03-4R	2 811	2 879	97.6	-2.4	3 127 950	H25.12.16
	⑩	C02-3R	2 956	2 876	102.8	2.8	3 127 950	H26.8.28
P3-P4	⑪	C03-4L	2 792	2 880	97.0	-3.0	3 093 195	H25.12.16
	⑫	C04-5L	2 873	2 873	100.0	±0.0	3 155 754	H25.10.7
	⑬	C04L	2 774	2 881	96.3	-3.7	3 127 950	H25.10.8
	⑭	C04R	2 753	2 881	95.5	-4.5	3 127 950	H25.10.8
	⑮	C04-5R	2 786	2 873	97.0	-3.0	3 127 950	H25.10.7
	⑯	C03-4R	2 821	2 880	98.0	-2.0	3 127 950	H25.12.16

以上のことより、高次振動法を用いた張力測定システムは、ケーブルが一体化されていない現場組立型外ケーブルであるエポキシ被覆外ケーブルの張力測定においても有効である。また、既設橋の診断技術の一つとしての活用が期待できる。

#### 6. おわりに

当橋梁は、平成 28 年 1 月に無事、無事故・無災害にて、竣工を迎えている。完成写真を写真 - 8 に示す。本稿が今後同様の橋梁の設計・施工に関する一助となれば幸いと考える。



写真 - 8 完成写真 (下流側より)

最後に、当橋梁の設計・施工にあたり、貴重なご助言・ご協力をいただきました関係各位に対しまして、厚く感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 大植 健, 今井平佳, 狩野兼義, 渡邊芳樹: 興津川橋における高強度 PC 鋼材の定着具性能試験結果報告, プレストレストコンクリート工学会 第 21 回シンポジウム論文集, PP.315-318, 2012
- 2) 石橋亜希子, 今井平佳, 金崎孝行, 小林大助: 高次振動法による PC 外ケーブルの張力測定, プレストレストコンクリート工学会 第 24 回シンポジウム論文集, PP.437-440, 2015
- 3) VSL 工法設計施工基準, VSL 協会, 2012
- 4) コンクリート標準示方書・施工編, 土木学会, 2007
- 5) プレストレストコンクリート造技術基準解説及び設計・計算例, 日本建築センター, 2009
- 6) Recommendations for the acceptance of post-tensioning systems, FIP, 1993
- 7) NETIS TH-140005-A 「橋梁用ケーブルの張力測定・モニタリング技術 (高次振動法)」

【2016 年 3 月 8 日受付】